

補助事業番号 2017M-128

補助事業名 平成29年度吊下式ロボットの開発による外壁タイル検査の低コスト化と検査結果の可視化に対する研究補助事業補助事業

補助事業者名 有明工業高等専門学校 創造工学科 准教授 岩本達也

## 1 研究の概要

外壁用タイルは日光や寒暖差により浮きが発生し剥落を生じる恐れがあるため、定期的に点検する必要があるが、検査費用が大きな負担となっている。本研究では、外壁タイル検査の低コスト化を実現するために、コストの大部分を占める足場やゴンドラを使用せず、吊り下げられたワイヤーを使って昇降し、打診検査が可能な検査ロボットを開発する。また、ロボットの位置を把握しながら、受診した打撃音を解析し、異常箇所のマッピング等が可能な診断結果可視化システムを提案する。

## 2 研究の目的と背景

マンション等の建築物において、タイル貼りの物件や全体の90%を超える。外壁用タイルは日光や寒暖差が原因でコンクリート下地から離れてしまう浮きが発生し、タイルの剥落が生じる恐れがある。このような事故を未然に防ぐため、平成20年には国土交通省から、タイル壁面落下診断に関して、10年を目安に全壁面を調査し、行政庁への定期検査報告の義務が適用されることとなった。このような検査は、マンションなどでは住民による自治会が実施する。しかし、検査コストが過大な負担となっている。したがって、安全で安心な住環境を維持するためには検査コストの削減が必要である。

本研究では、足場やゴンドラを使用せずに、建物の外壁検査が可能な吊下式検査ロボットの開発し、外壁検査の低コスト化を実現することである。検査方法は、打音検査を採用し、作業者が遠隔で操作して、打撃音を耳で聞きながら壁面を検査する。同時に、検査位置の記録と打撃音の解析を行い、検査結果の可視化と記録を保存することで、検査結果の保全および事故が起きた時の検証に用いることができる。

## 3 研究内容

### (1) 外壁タイル検査ロボットの開発(<https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab/jka>)

図1、開発した検査ロボットの概要を示す。また、図2に検査ロボットの外観を示す。検査ロボットは、屋上より吊り下げられた2本のワイヤーをホイールに巻きつけ、モータで駆動することで上下に移動できる。打撃装置は、ソレノイドとハンマーにより構成されており、ハンマーの大きさにより、打撃強度を調整可能である。打撃装置は、壁面に密着する必要があるため、ロボットの重心移動を利用して、壁面に押し付けられるように工夫している。ロボットの操縦は、建物より少し離れた位置から、作業者が目視で確認しながら無線操縦を行う。ハンマーによる打撃音は、マイクロフォンで収録され、無線送信によって作業者の耳で聞くことができる。図3に13階建てマンションにおけ

る実証実験の様子を示す。実証実験において、検査ロボットが安定した姿勢で昇降できることを確認した。

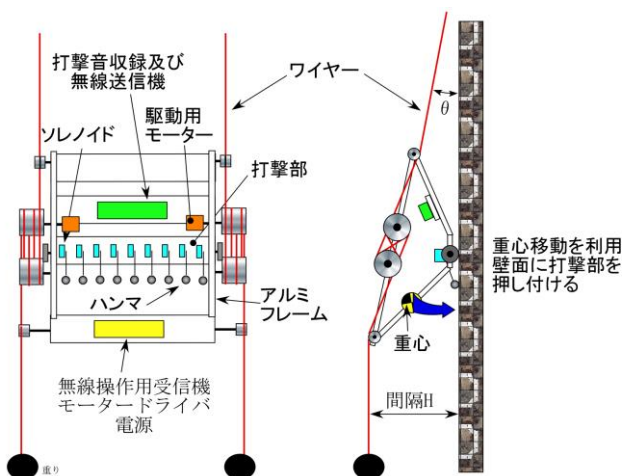


図1 検査ロボットの概要

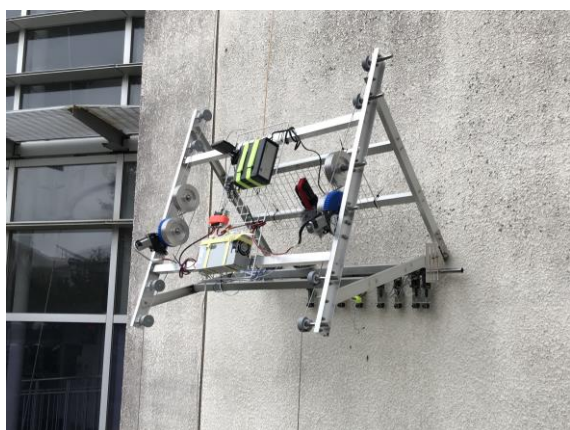


図2 検査ロボットの外観

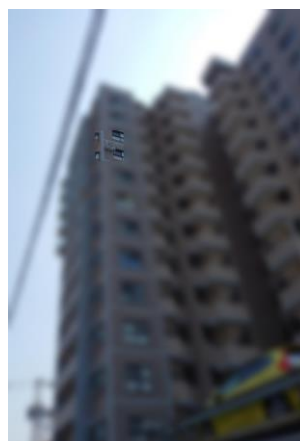


図3 実証実験の様子(13階建て)

## (2) 検査結果可視化システムの構築

可視化システムは、赤外線カメラとカメラコントローラと解析用PCにより構成されている。まず、赤外線カメラを用いて赤外線ライトが搭載された検査ロボットを撮影し、カメラコントローラに入力する。カメラコントローラでは、位置情報抽出プログラムにより、ロボットの位置を抽出し解析用PCに出力する。同時に、ロボットより送信された音響データを、無線送信機を介して解析用PCに取り込んで解析し、異常かどうかを判定する。図4に位置情報取得システムを示す。また、図5、図6に赤外線カメラによる位置抽出の一例を示す。図5はバンドパスフィルターがない状態で撮影した場合で、建物からの赤外線により建物全体が映っている。図6は、バンドパスフィルターを装着した場合で、ロボットに搭載された赤外線ライトの光のみが抽出されていることが確認できる(図中の赤枠)。図7に周波数解析プログラムを示す。周波数解析による判定結果と位置情報を組み合わせることで、異常個所のマッピングが可能となる。



図4 位置情報取得システム



図5 赤外線カメラによる位置抽出  
(バンドパスフィルターなし)

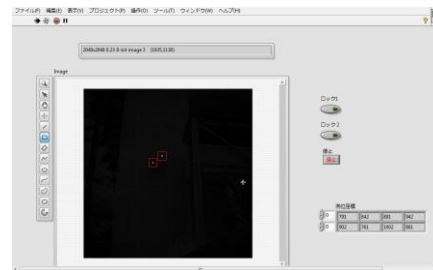


図6 赤外線カメラによる位置抽出  
(バンドパスフィルターあり)

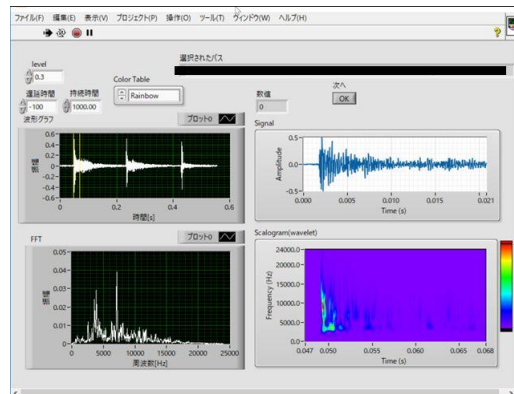


図7 周波数解析プログラム

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究で開発された検査ロボットが実用化されれば、外壁検査の低コスト化が実現できる。さらに、検査記録を保存し蓄積することでAIなどを用いた健全性評価を開発する際の参照データとして活用できる。高度なAIが開発され、熟練作業による診断が不要となれば、外壁検査の低コスト化はさらに加速されると予想される。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでに、コンクリート構造物に対する非破壊検査の効率化に関する研究を実施しており、検査方法の提案や吸着式壁面検査ロボットの製作を通じて、非破壊検査に関する知見とものづくり

についての技術を蓄積してきた。本事業で開発した検査ロボットは、ワイヤー吊下げ式のため安全性が高く、重力を利用し壁面に押し付けるため、ビル風が吹いても安定した姿勢で走行可能である。今後は、この検査ロボットをプラットフォームとして、様々な検査装置を開発し、検査の作業効率の向上と検査精度の向上に関する研究を推進していきたい。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ① 岩本 達也, 久保 慶太, 内田 正寛, 重力による壁面への押付け力を利用した吊下げ式外壁タイル検査ロボットの開発, 日本機械学会 2018年度年次大会, 発表予定

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

研究紹介リーフレット (<https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab>)

Auto Race 本研究は、オートレースの補助を受けて実施しました。

### 吊り下げ式外壁タイル検査ロボットの開発

有明工業 岩本研究室

マンション等の建物において、タイル貼りの物件は多棟の90%を占めます。外壁タイルは日経や地震により下地から離れてしまう浮きが発生し、剥落が生じる恐れがあります。このような問題を未然に防ぐため、平成29年に国土交通省からタイル脱落防止対策として、10年を目安に全層を調査し、行方不明の定期検査報告を行わなければならないとの義務が与えられました。マンションなどでは、主に専有による自治会や管理会社ですが、検査コストが過大な負担となっています。安全で安心な住環境を構築するには検査コストの削減が必要です。

本研究では、足場を使用しなくても検査可能な外壁タイル検査ロボットを開発しました。検査ロボットは、屋上より吊り下げられた2本のワイヤーをホイールに巻きつけ、モーターで駆動することにより移動できます。打撃装置は、ソレノイドとハンマーにより構成されており、ハンマーの穴あきによる、打撃位置を調整可能です。打撃装置は、壁面に密着する必要があります。そのため、ロボットの重心移動を利用して、壁面に押し付けられるようにしています。自律的な移動は、建物より少し離れた位置から、作業者が目視で確認しながら無線制御を行います。ハンマーによる打撃音は、マイクで収録され、無線送信によって作業者の耳で聞くことができ、建築基準法に準拠した現在の点検方法は同様のタイル点検が可能です。

#### 吊り下げ式外壁タイル検査ロボットの特徴

1. 足場を使用しないため、足場の設置費用を削減！
2. 足場設置に係る時間が無くなるため、速やかな検査が可能！
3. 2本のワイヤーを上下に引っ張るため、傾斜による揺れを軽減！
4. 重心移動を利用しているため、傾による壁面からの離れを抑制！
5. 打撃音は作業者が判断可能のため、従来の点検と同様、実用化が容易！

- (2) (1) 以外で当事業において作成したものなし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 有明工業高等専門学校創造工学科(アリアケコウギョウコウトウセンモンガッコウソウゾウコウガクカ)

住所： 〒836-8585

福岡県大牟田市東萩尾町150

担当者 准教授 岩本 達也(イワモト タツヤ)

担当部署： メカニクスコース(メカニクスコース)

E-mail: tiwamoto@ariake-nc.ac.jp

URL: <https://iwamotolab.wixsite.com/iwalab>